

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

【外国語明細書】

1 Title of Invention

METHOD AND APPARATUS FOR COUPLING LIGHT EMITTED
FROM A MULTI-MODE LASER DIODE ARRAY
TO A MULTI-MODE OPTICAL FIBER.

2 Claims

1 1. An apparatus for coupling polarized light emitting
2 from a multi-mode diode laser to an optical fiber
3 comprising:

4 a half-wave plate, adjacent to the multi-mode
5 diode laser in a path of the light such that
6 substantially one-half of the light emitted from the
7 multi-mode laser is rotated by the effect of the
8 half-wave plate;

9 collecting optics, situated in the path of the
10 light between the half-wave plate and the optical
11 fiber; and

12 a double refractive prism, situated in the path of
13 the light between the collecting optics and the optical
14 fiber such that the double refractive prism displaces
15 substantially one-half of the light by an amount
16 approximately equal to a diameter of the optical fiber
17 so as to overlap substantially one-half of the light
18 onto another one-half of the light which then is
19 inserted into the optical fiber.

1 2. The apparatus according to claim 1 wherein the
2 collecting optics comprises a lenslet array.

1 3. The apparatus according to claim 2 wherein the
2 double refractive prism is constructed from a group
3 consisting of calcite and quartz.

1 4. A optical fiber array for a printer, the optical
2 fiber array comprising:

3 a plurality of optical fibers each having an input

4 end and an output end wherein each one of said
5 plurality of optical fibers is optically coupled by a
6 coupling means at the input end to a multi-mode diode
7 laser arranged in an array of diode lasers, said
8 coupling means further comprising:
9 a half-wave plate, adjacent to the multi-mode
10 laser in a path of the light such that the polarization
11 of substantially one-half of the light emitted from the
12 multi-mode laser is rotated by the effect of the
13 half-wave plate;
14 collecting optics, situated in the path of the
15 light between the half-wave plate and the plurality of
16 optical fibers; and
17 a double refractive prism, situated in the path of
18 the light between the collecting optics and the
19 plurality of optical fibers such that the double
20 refractive prism displaces substantially one-half of
21 the light by an amount approximately equal to a
22 diameter of one of said plurality of optical fibers so
23 as to overlap substantially one-half of the light onto
24 another one-half of the light which is then inserted
25 into one of said plurality of optical fibers.

1 5. The apparatus according to claim 4 wherein the
2 collecting optics comprises a lenslet array.

1 6. The apparatus according to claim 5 wherein the
2 double refractive prism is constructed from a group
3 consisting of calcite and quartz.

「以下余白」

3 Detailed Description of Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates generally to the field of fiber optics, and in particular to a method and apparatus for coupling light emitted from a multi-mode laser diode array to a multi-mode optical fiber.

Systems incorporating a laser light source optically coupled to an optical fiber are well known and find an ever-increasing variety of applications. Such systems include fiber optic communications systems, fiber optic medical instruments, welding equipment, laser copiers, laser printers and facsimile machines.

Fig. 1. is a cross-sectional view of a conventional optical fiber having a core 10 and cladding 20 and shows that an angle θ_c defines a maximum launch angle, ϕ_c , at which guided light rays 30 may be injected into the optical fiber. This launch angle is usually given in terms of numerical aperture (NA) which is commonly defined by the following equation:

$$NA = \sin \phi_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

where n_1 is the index of refraction of the core 10 and n_2 is the index of refraction of the cladding 20.

Since energy launched at angles greater than ϕ_c is rapidly attenuated, coupling efficiency of a laser diode to a fiber depends upon NA.

5 High-power laser diodes are usually edge
emitting multi-mode lasers. These laser diodes consist
of either a single, broad area emitting aperture
commonly 1 micron by 200 microns or they are arranged
as an array of smaller sized apertures. A divergence
10 angle of the light emitted by such a laser diode array
through an array of smaller sized apertures is
typically 30 degrees by 10 degrees where the smaller
divergence (10 degrees) is the divergence measured
along the edge (the longitudinal) direction.

15 Optical systems are frequently described by
an optical invariant, or Lagrange, which is constant
for a given optical system. A numerical value for the
Lagrange may be calculated in any one of a number of
20 ways known in the art and the Lagrange may then be used
to arrive at a value for other quantities of optical
significance. The Lagrange in each direction for a
laser diode array is defined as half the size of the
emitting aperture times half the divergence angle (in
25 radians). In the typical case, the Lagrange invariant
in one direction (the "array" direction or long
dimension of the emitting aperture) is denoted by L_a ,
and defined as:

30
$$L_a = (200/2) * (5/57.3) = 8.5 \text{ microns}$$

where 57.3 is the conversion factor for converting
degrees to radians. The Lagrange invariant in the

other direction, i.e., the "cross array direction" or short dimension of the emitting aperture, L_{ca} is:

$$L_{ca} = .5 * 15/57.3 = .13 \text{ microns}$$

5

Since optical fibers are typically radially symmetric, their Lagrange, L_{fiber} is the same in any direction and is therefore given by:

10

$$L_{fiber} = a * NA$$

where a is the fiber core radius and NA is the Numerical Aperture as previously described.

15

The capacity of optical systems to transmit light is called "the optical throughput" or "etendue". The optical throughput is an invariant of the non-truncating, non-absorbing and non-diffusing optical system and is proportional to the Lagrange invariants in two directions, namely $L_a * L_{ca}$. When an optical system with a large optical throughput is coupled to an optical system with a lower optical throughput, light loss occurs. Such light loss is avoided when the optical throughput of a receiving system is greater than or equal to the optical throughput of a transmitting system. One way to ensure that the optical throughput of the receiving system is greater than or equal to the optical throughput of the transmitting system, is to have both L_a and L_{ca} of the receiving system greater than or equal to the L_a and L_{ca} of the transmitting system.

20

25

30

For light to be efficiently coupled into the fiber therefore, the Lagrange of the fiber has to be

larger than the Lagrange of the laser diode array in both directions. Furthermore, it is desirable to inject light from the laser diode into a fiber having the smallest L_{fiber} possible. In laser printing, for example, where an end of the fiber is imaged onto a media, a lower L_{fiber} results in either a smaller spot of light at the media or a larger depth of focus. Since $L_a > L_{ca}$, it is desirable to minimize L_a so as to permit the coupling of the laser light into a lower L_{fiber} .

It is desirable therefore to optically couple a multi-mode laser diode array to an optical fiber in a manner which reduces the overall L_a such that the power and radiance of the laser light transmitted through the optical fiber is increased.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention efficiently couples a multi-mode laser diode or an array of multi-mode laser diodes to an optical fiber so as to provide laser light of increased power and radiance to appear at an output end of the fiber. The invention comprises - in addition to a multi-mode laser diode and optical fiber, optical components which rotate by 90 degrees polarization of one-half of the laser light and then subsequently overlap this rotated one-half of the laser light onto the other, non-rotated one-half of the laser light. The net effect of this rotation and overlap is to reduce the overall Lagrange invariant in one direction, namely the array direction, or L_a .

Viewed from one aspect, the present invention is directed to an apparatus for efficiently coupling

the light emitted from a multi-mode laser diode to an optical fiber. One embodiment of the apparatus comprises: a multi-mode laser diode or array of laser diodes; an optical fiber; a collimator, or a collimator and a cylinder lens, located between the laser diode and the optical fiber; a half-wave plate located between the collimator and the optical fiber; and a Wollaston or Rochon prism located between the half-wave plate and the optical fiber.

A second embodiment of the apparatus comprises, in addition to the multi-mode laser diode and optical fiber: a half-wave plate located between the laser diode and a collimator or lens; and a double refractor located between the collimator and the optical fiber.

Viewed from another aspect, the present invention is directed to a method for efficiently coupling a multi-mode laser diode or array of laser diodes to a multi-mode optical fiber. The effect of the method is to reduce the overall Lagrange in the array direction, or L_a .

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 illustrates a simplified and conventional view of an optical fiber showing the angles of optical significance;

Fig. 2 shows a first embodiment of the present invention;

Fig. 3 shows a second embodiment of the present invention;

Fig. 4 shows a third embodiment of the present invention;

Fig. 5 shown an optical fiber array, which, in conjunction with the present invention, may be incorporated as a component of a printer; and

Fig. 6 shows a high-level block diagram of a thermal printer which incorporates the present invention.

To facilitate reader understanding, identical reference numerals are used to denote identical or similar elements that are common to the figures. The drawings are not necessarily to scale.

DETAILED DESCRIPTION

I will now describe a preferred embodiment of the invention while referring to the figures, several of which may be simultaneously referred to during the course of the following description.

Referring now to Fig. 2, there is shown optical assembly 100 in accordance with a first embodiment of the present invention. Laser diode array 40, which is well known in the art, emits diverging, and essentially linearly polarized rays of light 41 along optical axis 47 for subsequent transmission through optical fiber 48. Collimator 42, or alternatively, a collimator and a cylindrical lens (not shown), is disposed between laser diode array 40 and optical fiber 48. Although the term collimator commonly implies that an object plane is located at a front focal plane of a lens and an image plane is located at infinity, those skilled in the art understand that with a slight focusing of the lens the fiber may be placed at a finite distance from the lens. Collimator 42 receives the diverging rays of light 41 and functions to reduce the divergence. These light rays 41, upon exiting collimator 42, are focused to converge at optical fiber 48. Half wave plate 44, disposed between collimator 42 and the optical fiber 48, rotates polarization of that portion of light rays 41 which pass through the half wave plate. Upon exiting the half wave plate, the light rays now form two distinct beams of light 43 and 49 which differ in their polarization. Both beams of light 43 and 49, enter a Wollaston prism, or alternatively a Rochon prism, 46. The prism overlaps the two beams of light 43 and 49 onto one another such that the Numerical Aperture of the beam of light 45 exiting the prism is $1/2$ of the Numerical Aperture of the beams 43 and 49 entering the prism. Upon exiting the prism, overlapped light beam 45 strikes an end of optical

fiber 48 and is inserted into optical fiber 48 along optical axis 47.

Referring now to Fig. 3, there is shown an
5 alternative embodiment of the present invention 100.
Laser diode array 40, emits diverging rays of light
along optical axis 47 for subsequent transmission
through optical fiber 48. Half wave plate 44,
10 positioned at the output of laser diode array 40
rotates the polarization of those light rays which pass
through the half wave plate such that diverging,
rotated rays 51 and diverging non-rotated rays 41
result. Both rotated and non-rotated rays enter
15 collimator 42 and, upon exiting, the resulting light
rays are focused so as to converge upon an end of
optical fiber 48. Both rotated and non-rotated rays of
light then enter double refractor 50 having axis 53 and
made of a suitable material, i.e., calcite or quartz,
20 positioned anywhere between collimator 42 and optical
fiber 48 such that the double refractor displaces half
of the rays of light entering the double refractor by
an amount approximately equal to a diameter of the core
of optical fiber 48. In this manner, rays of light 51
25 which are rotated by the half wave plate and rays of
light 41 which are not rotated, are overlapped through
the effect of the double refractive prism 50 into a
single set of rays 52 which converge at, and are
inserted into optical fiber 48 along its optical
axis 47.

With reference to Fig. 4, there is shown a third embodiment of the present invention. This third embodiment is similar to the first embodiment shown and described previously, except that single collimator lens 42 shown in Fig. 2, is replaced by lenslet array 55. In the third embodiment shown in Fig. 4, laser diode array 40 emits diverging rays of light for subsequent transmission through optical fiber 48. Lenslet array 55, comprising an array of individual lenses 56, is positioned between laser diode array 40 and optical fiber 48. Each individual lens 56 of lenslet array 55 receives light rays from an individual emitting aperture 57 of laser diode array 40. Although Fig. 4 shows only 4 individual apertures 57, those skilled in the art could readily increase/decrease the number of emitting apertures 57 and individual lenses 56 comprising lenslet array 55. The diverging light rays, upon exiting lenses 56 comprising lenslet array 55, enter single combiner lens 57 which focuses the light rays to converge upon optical fiber 48. Half wave plate 44, positioned between single combiner lens 57 and optical fiber 48, rotates those light rays which pass through the half wave plate such that rotated beams 59 and non-rotated beams 58 result which differ in polarization. Both rotated and non-rotated beams then enter a Wollaston or Rochon prism 46 positioned between half-wave plate 44 and optical fiber 48. The prism overlaps the beams of light 58 and 59 into a single overlapped beam 45 which strikes an end of optical fiber 48 and is inserted into optical fiber 48 along optical axis 47.

The invention can be further understood through the following example in which the invention is

incorporated into an optical fiber array, which itself may be incorporated into a print head mechanism. In the field of printing, it has been found desirable to generate an image with a plurality of simultaneously produced dots. A thermal printer that operates in this mode is described in U.S. Patent No. 5,164,724 entitled "Thermal Printer", issued to Baek et al on November 1, 1992 and is assigned to the present assignee hereof and is incorporated by reference herein.

When operating a printer such as the one described above, it is necessary to accurately focus light from output ends of the optical fibers onto a suitable receiver, such as a photosensitive thermal dye transfer medium. Inasmuch as image data can be reliably assigned to particular optical fibers for transfer to a particular area of the receiver, thus when the light output from the ends of the optical fibers is accurately focused onto the receiver, the printer produces high resolution images. By incorporating the present invention into such a printer, the laser light is output from the ends of the optical fiber with more power and greater depth of field thereby enhancing the accuracy of the light projected onto the receiver and further enhancing the printed image.

Referring now to Fig. 5, there is shown an optical fiber array 60 coupled to laser diode array 40 by coupling 100. The array 60 comprises a support member 62, a plurality of optical fibers 48 and holding member 66. Optical fibers 48 are supported and positioned in spacer grooves (not shown) formed in the support member 62. Holding member 66 is adhesively

bonded to both support member 62 and optical fibers 48 with a bonding material i.e., epoxy, of which a wide variety are well known in the art.

5 Coupling 100, shows the first embodiment previously described which comprises collimator 42, half-wave plate 44 and Wollaston or Rochon prism 46. Light emitted from individual laser diodes is coupled to individual optical fibers 78 (which are typically
10 bound together by jacket 82) by coupling 100. The light so coupled traverses the length of optical fiber 78 and then exits the fiber at exit end of fiber 78, which is positioned at output end 72 of array 60 and where it may subsequently strike a
15 suitable receiver (not shown).

 Array 60 is adapted for installation into a print head of a thermal printer. When installed in a printer, output end 72 is positioned at the object
20 plane of a printing lens (not shown) located within the print head (not shown).

 The invention of the present application reduces the numerical aperture at a plane on which a
25 media to be printed lies, and thus reduces the Lagrange invariant L_a , in the array direction. Since the Lagrange invariant is proportional to the product of the size of a printed spot and the numerical aperture at the media, I use the reduction of L_a to either
30 reduce the size of a printed spot or the NA, or both. When the size of the printed spot is reduced, the resolution of the printer is increased. When the NA is reduced, the depth of field at the plane of the media is increased. A large depth of field means that the

size of the printed spots at the media - which determines the density of the final print, is less dependent on the displacement of the media such as caused by a "drum runout".

5

With reference to Fig. 6, there is shown a block diagram of thermal printer 200 which incorporates the teachings of the present invention. As such printer 200 comprises drum 110 which is mounted for rotation about axis 114 and is driven by motor 104. Drum 110 is designed to support a thermal print medium, not shown. A thermal print medium for use with the printer 200 can be, for example, a medium disclosed in U.S. Pat. No. 4,772,582, entitled "Spacer Bead Layer for Dye-Donor Element Used in Laser Induced Thermal Dye Transfer", granted September 20, 1988, assigned to the present assignee hereto and also incorporated by reference herein.

20

Print head 150 is movably supported adjacent drum 110 for slidable movement along a lead screw 112. The print head is driven by motor 104 which rotates the lead screw. Print head 150 comprises fiber optic array 60 (Fig. 4 - not shown in Fig. 5). Optical fibers 48 in array 60 are coupled by the coupling of the present invention 100 to a plurality of diode lasers 40, typically arranged in an array. Each of diode lasers 40 can be individually modulated under the control of computer 91. In this manner, when an individual diode laser 40 is selectively energized, light rays emanating from that individual diode laser are coupled to individual optical fiber 48, by coupling 100, and are transmitted the length of the optical fiber 48 until the end of optical fiber 74 is

25

30

reached. The light then exits the optical fiber 74 and strikes print medium located on drum 110. Since elements 102, 116, 96, 92 and 94 shown in Fig. 6 are all conventional, well-known and do not form part of the present invention, for the sake of brevity it is not necessary to discuss them in any detail.

Clearly, it should now be quite evident to those skilled in the art, that while my invention was shown and described in detail in the context of a preferred embodiment, and with various modifications thereto, a wide variety of other modifications can be made without departing from scope of my inventive teachings.

「以下余白」

4 Brief Description of Drawings

Fig. 1 illustrates a simplified and conventional view of an optical fiber showing the angles of optical significance;

Fig. 2 shows a first embodiment of the present invention;

Fig. 3 shows a second embodiment of the present invention;

Fig. 4 shows a third embodiment of the present invention;

Fig. 5 shown an optical fiber array, which, in conjunction with the present invention, may be incorporated as a component of a printer; and

Fig. 6 shows a high-level block diagram of a thermal printer which incorporates the present invention.

To facilitate reader understanding, identical reference numerals are used to denote identical or similar elements that are common to the figures. The drawings are not necessarily to scale.

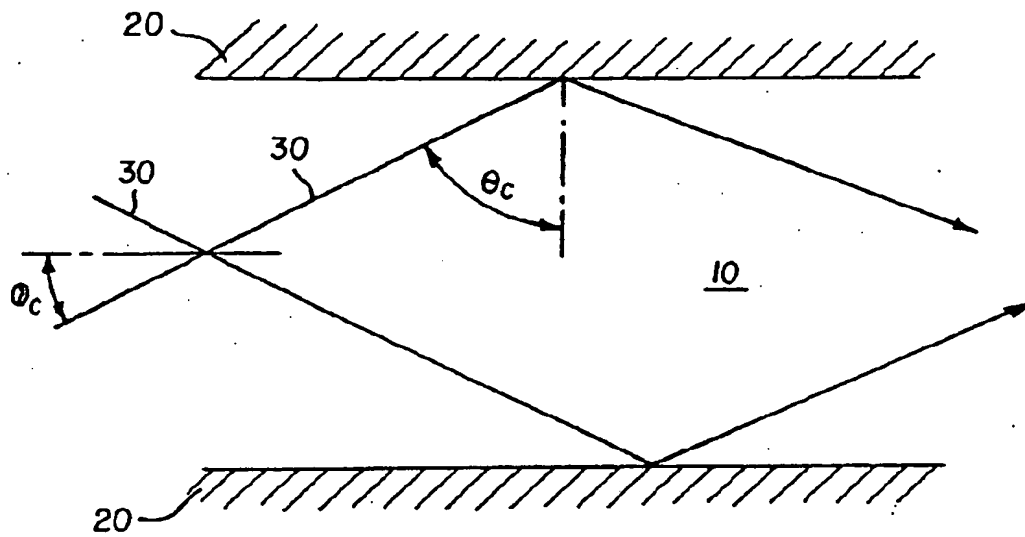


FIG. 1
(prior art)

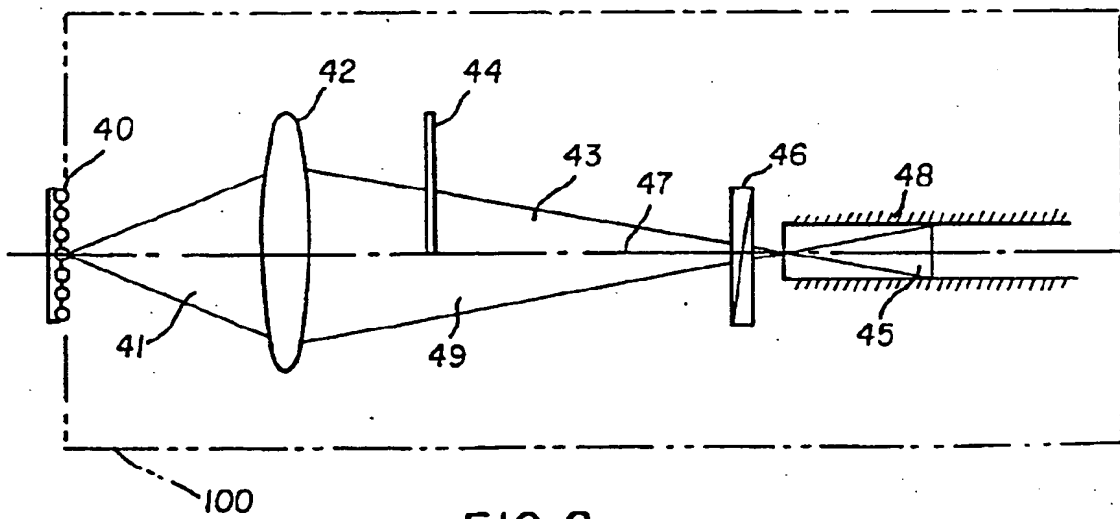
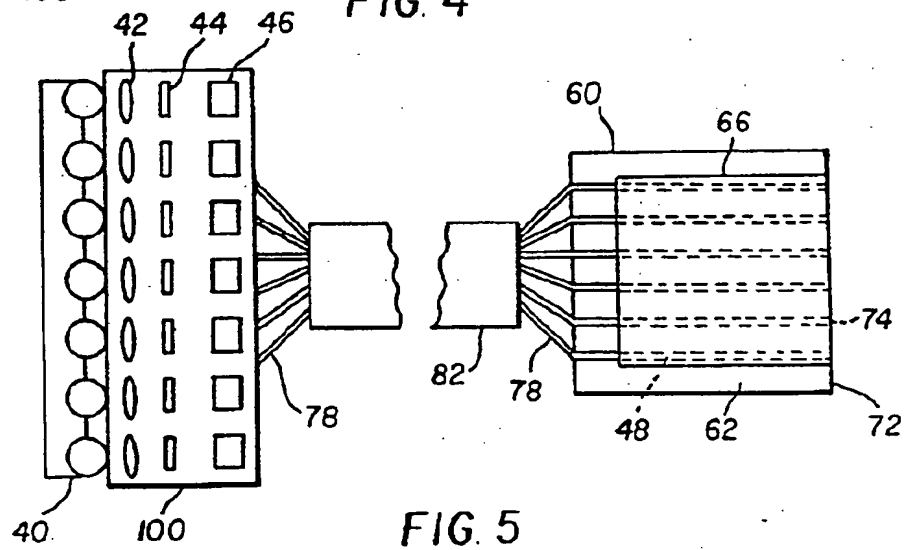
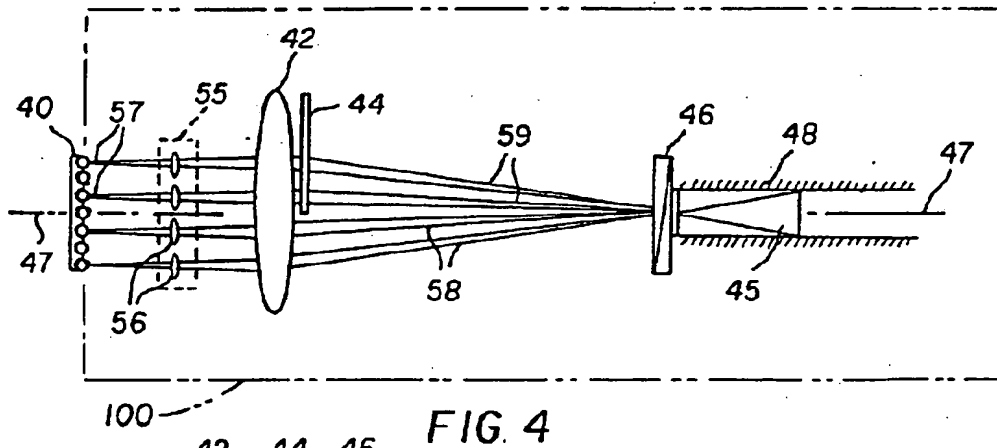
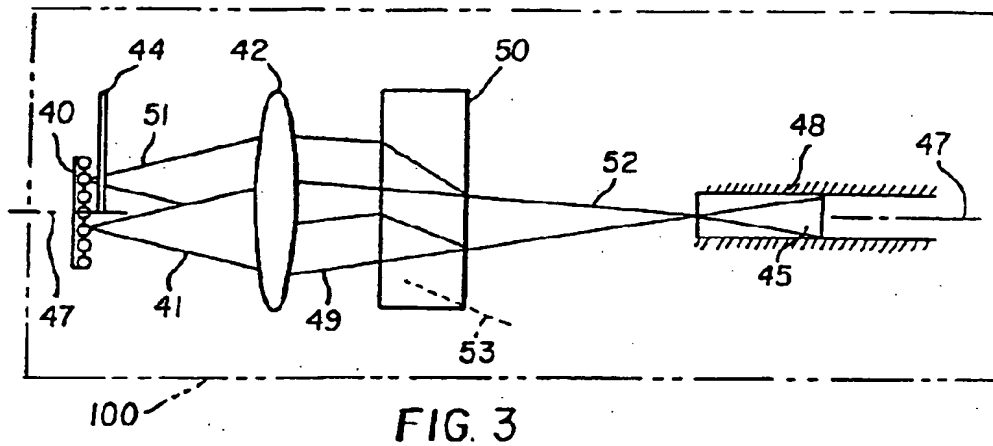


FIG. 2



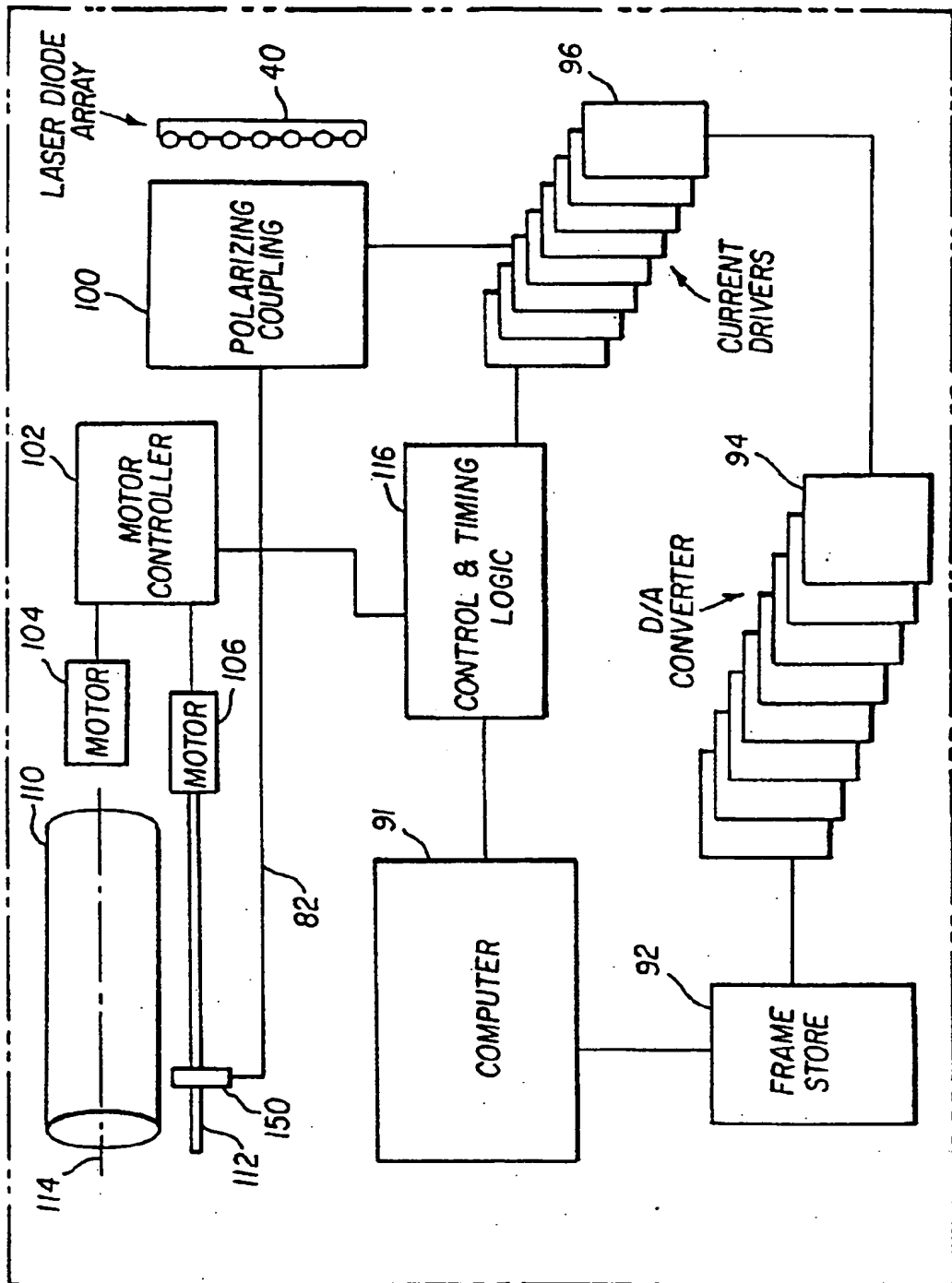


FIG. 6

1 Abstract

A method and apparatus for coupling a multi-mode diode laser with an optical fiber suitable for incorporation into fiber optic medical instruments, welding equipment, laser copiers, laser printers and facsimile machines. In one embodiment, light emitting from a diode laser 40 is collected by collecting optics. One-half of the light which passes through the collecting optics is passed through a half-wave plate 44 which rotates the polarization of that light which passes through the half-wave plate 44 thereby producing two distinct beams of polarized light (43,49). The two beams of light then pass through a Wollaston or Rochon prism 46 which causes the two beams to overlap upon exiting the prism, where the exiting light is allowed to enter an optical fiber 48. In another embodiment, one-half of the light emitted from a laser diode 40 is rotated by a half-wave plate 44. Both rotated and non-rotated light is then passed through collecting optics and subsequently through a double refractor 50 such that the rotated and non-rotated light is overlapped onto one another and then subsequently inserted into an optical fiber 48.

2 Representative Drawing

Fig. 2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-338931

(43) 公開日 平成8年(1996)12月24日

| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|--|------|--------|--------------|--------|
| G 0 2 B 6/42 | | | G 0 2 B 6/42 | |
| 6/32 | | | 6/32 | |
| 27/10 | | | 27/10 | |
| 27/28 | | | 27/28 | Z |
| H 0 1 S 3/18 | | | H 0 1 S 3/18 | |
| 審査請求 未請求 請求項の数 6 F D 外国語出願 (全 26 頁) 最終頁に続く | | | | |

(21) 出願番号 特願平8-135648

(22) 出願日 平成8年(1996)4月22日

(31) 優先権主張番号 434, 145

(32) 優先日 1995年5月2日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000846

イーストマン コダック カンパニー

アメリカ合衆国, ニューヨーク14650, ロ

チェスター, ステイト ストリート343

(72) 発明者 デヴィッド・ケスラー

アメリカ合衆国・ニューヨーク・14618・

ロチェスター・ダートフォード・ロード・
35

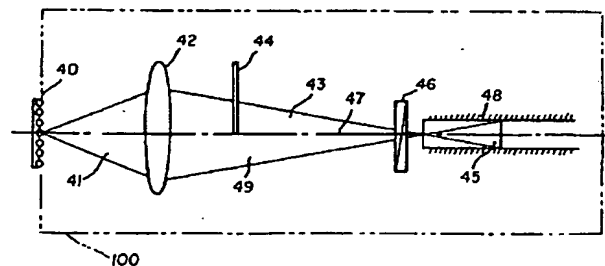
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外6名)

(54) 【発明の名称】 多モードレーザダイオードアレイから多モード光ファイバに照射された光を結合するための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 光学容量の大きい光学系が、光学容量の小さい光学系に結合されると、光損が生じる。このような光損は、受け取り側系の光学容量が送り手側系の光学容量より大きいまたは等しい場合には、防止される。多モードレーザダイオードアレイを光ファイバに光学的に結合する場合、合計ラグランジェ数 L_s を減少させて、光ファイバ内を通過するレーザ光のパワーおよび放射輝度が増加するように結合するのが好ましい。

【解決手段】 一実施形態で説明すると、ダイオードレーザ40から出る光を集光装置で集光し、この装置を通過する光の半分を半波長板によって偏光回転させることによって、二つの偏光ビーム(43、49)を生成する。次にこの二つのビームは、ウオラストンまたはロシヨンプリズムを通過することによって、重ね合わされた状態で光ファイバ48に入る。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多モードダイオードレーザから発射される偏光された光を光ファイバに入れるためのカブリング装置であって、

該多モードダイオードレーザに隣接して光路内に配設され、該多モードレーザから発射される光の実質的に半分の回転させるための半波長板と、

該半波長板と光ファイバの間の光路内に配置される収光装置と、

該集光装置と光ファイバとの間の光路内に配設され、実質的に光の半分の、およそ光ファイバの直径に等しい量だけ変位させて、実質的に光の半分の、光ファイバ入る前の他の半分に重ね合わせる複屈折プリズムとからなる装置。

【請求項 2】 前記集光装置がレンズアレイを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】 前記複屈折プリズムが方解石または石英から構成されることを特徴とする請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】 複数の光ファイバを備えた、印刷機用光ファイバアレイであって、

該光ファイバは、それぞれ、入力端部と出力端部とを有し、各入力端部は、カブリング手段によって、ダイオードレーザがアレイ状に配設された多モードダイオードレーザに光学的に結合され、

該カブリング手段は、半波長板と、集光装置と、複屈折プリズムとを備えており、

該半波長板は、多モードレーザに隣接して光路内に配設され、多モードレーザから発射される光の実質的に半分の偏光させて回転させ、

前記集光装置は、半波長板と複数の光ファイバとの間の光路内に配設され、

前記複屈折プリズムは、集光装置と複数の光ファイバとの間の光路内に配設され、光の実質的に半分の、前記複数の光ファイバの 1 本の直径とほぼ同僚だけ変位され、光の実質的に半分の、前記複数の光ファイバの 1 本に挿入される手前の光の他の半分に重ね合わせられることを特徴とするカブリング手段を備えた光ファイバアレイ。

【請求項 5】 前記集光装置がレンズアレイを備えることを特徴とする請求項 4 に記載の装置。

【請求項 6】 複屈折プリズムが方解石または石英から構成されることを特徴とする請求項 5 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ファイバ光学に関するものであり、特に、多モードレーザダイオードアレ*

$$L_a = (200/2) * (5/57.3) = 8.5 \text{ ミクロン}$$

式中、57.3 は、度からラジアンに変換するための変換係数である。他の方向つまり「アレイ横断方向」または発射孔の短手方向におけるラグランジェ量 L_{ca} は、以

*イから発射される光を多モード光学ファイバに結合するための方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバに光学的に結合されるレーザ光源を使用するシステムは、公知であり、様々な分野で応用で利用されるようになってきている。このようなシステムには、ファイバ光学コミュニケーション、ファイバ光学医療装置具、溶接装置、レーザ複写機、レーザ印刷機、ファクシミリ装置が含まれる。

10 【0003】 図 1 は、コア 10 とクラッド 20 からなる従来の光ファイバの断面であり、角度 θ_c は最大出射角度 ϕ_c を規定し、その角度で光線 30 は光ファイバに発射される。この発射角度は、一般に、ふつう次の式で規定される口径数 (NA) として与えられる。

【0004】

【数 1】

$$NA = \sin \phi_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

20 式中、 n_1 はコア 10 の屈折率、 n_2 はクラッド 20 の屈折率である。

【0005】 角度 ϕ_c より大きい角度で発射されるエネルギーは、急速に減衰するので、レーザダイオードのファイバへの結合性能は、NA に依存する。

【0006】 高エネルギーレーザダイオードは、一般に、エッジ発射多モードレーザである。これらのダイオードは、通常 1×200 ミクロンの単一で広い面積の発射孔からなるか、あるいは、より小さい寸法の孔にアレイ状に配設される。そのようなレーザダイオードアレイ 30 によって、より小さい寸法のアレイを介して発射される光の発散角度は、典型的には $30^\circ \times 10^\circ$ であり、小さい方の発散 (10°) は、エッジ方向 (縦方向) に測定される発散である。

【0007】 光学システムは、しばしば、所与の光学システムにとって一定である光学的不変量ないしラグランジェ量によって記述される。ラグランジェ式に入れる数値は、当該技術分野において公知である複数の方法の一つで計算することができ、このラングランジェ式を使用することによって、他の光学量を算出することができる。レーザダイオードアレイのいずれの方向においても、ラングランジェ量は、発射孔寸法の半分 \times 開き角度の半分 (ラジアン) として規定される。典型的な場合としては、ある方向 (「アレイ」方向または発射孔の長手方向) のラグランジェ量は、 L_a で示され、以下のように定義される。

下のようなになる。

$$L_{ca} = .5 * 15 / 57.3 = .13 \text{ ミクロン}$$

50 【0008】 光ファイバは、典型的には、半径方向に対

3

称形であるから、そのラグランジェ量 L_{fiber} は、どの方向にも同じであり、従って、以下のように与えられる。

$$L_{\text{fiber}} = a \cdot \text{NA}$$

式中、 a はファイバコア半径であり、 NA は先に述べた通り口径数である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 光学システムの光伝達容量ないし能力は、光学出力 (optical throughput あるいは *etendue*) と呼ばれている。光伝達容量は、非切り詰め (non-truncating)、非吸収、非拡散光学系の不変量であり、二つの方向、すなわち $L_a \cdot L_{ca}$ で、ラグランジェ量と比例する。光学容量の大きい光学システムが、光学容量の小さい光学システムに結合されると、光損が生じる。このような光損は、受け取り側システムの光学容量が送り手側システムの光学容量より大きい場合または等しい場合には、防止される。受け取り側システムの光学容量が送り手側システムの光学容量以上であることを確保する一つの方法は、受け取り側システムの L_a および L_{ca} を両方とも送り手側システムの L_a および L_{ca} 以上にすることである。

【0010】 ファイバ内に光を効果的に結合するには、ファイバのラグランジェ量が、レーザダイオードアレイのラグランジェ量より、両方向において、大きくなければならない。さらに、レーザダイオードからの光は、できるだけ小さい L_{fiber} を有するファイバに入れることが望ましい。レーザ印刷においては、たとえば、ファイバ端部が媒体上に結像されるわけだが、 L_{fiber} が低ければ、媒体での光スポットが小さくなるか、あるいは焦点深さが大きくなる。なお、 $L_a > L_{ca}$ であるから、 L_a を最少にして、レーザ光をより小さい L_{fiber} に結合できるようにすることが好ましい。

【0011】 従って、多モードレーザダイオードアレイを光ファイバに光学的に結合する場合、合計 L_a を減少させて、光ファイバ内を通過するレーザ光のパワーおよび放射輝度が増加するように結合するのが好ましい。

【0012】

【課題を解決するための手段】 本発明の概要本発明は、多モードレーザダイオードまたは多モードレーザダイオードアレイを光ファイバに効果的に結合し、パワーおよび放射輝度の高いレーザ光がファイバ出力端部で出るようにする。本発明は、多モードレーザダイオードおよび光ファイバの他に、次のような光学要素を含む。すなわち、レーザ光の半分の偏光を 90 度回転させ、次に、この回転した半分のレーザ光を、レーザ光の非回転部分に重ね合わせる光学要素である。この回転と重ね合わせを合わせた効果は、一方の方向、つまりアレイ方向における、総合ラグランジェ量、あるいは L_a を減少させることである。

【0013】 本発明の一面は、多モードレーザダイオ

4

ドから発射される光を効果的に光ファイバに結合するための装置である。この装置は、一実施形態によれば、多モードレーザダイオードまたはレーザダイオードアレイと；レーザダイオードと光ファイバとの間に配設されたコリメータまたはコリメータとシリンダレンズと；コリメータと光ファイバとの間に配設された半波長板と；半波長板と光ファイバとの間に配設されたウオラストン (Wollaston) またはロシヨンプリズムとからなる。

【0014】 本装置は、第二の実施形態によれば、多モードレーザダイオードと光ファイバとの他に、レーザダイオードとコリメータまたはレンズとの間に配設された半波長板と、コリメータと光ファイバとの間に配設された複屈折装置とを備える。

【0015】 本発明は、また別の面によれば、多モードレーザダイオードまたはレーザダイオードアレイを多モード光ファイバに効果的に結合するための方法である。本方法の効果は、アレイ方向における総合ラグランジェ量、または L_a を減少されることである。

【0016】

20 【発明の実施の形態】

図面の簡単な説明

図1は、簡略化した従来型の光ファイバを、光学的に意味のある角度と共に示す。図2は、本発明の第1の実施形態を示す。図3は、本発明の第2の実施形態を示す。図4は、本発明の第3の実施形態を示す。図5は、本発明を取り込んだ、プリンタの構成要素として取り込むことのできる光ファイバアレイを示す。図6は、本発明を取り込んだ熱式プリンターの高レベルブロックダイアグラムである。

30 【0017】 わかりやすくするために、複数の図に現われる同一ないし類似の部材には同じ参照番号がつけられている。図面の縮尺は共通ではない。

【0018】 以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態を説明する。場合によっては、複数の図面を同時に参照する。

【0019】 図2は、本発明の第一の実施形態による光学アセンブリ 100 を示す。レーザダイオードアレイ 40 は公知のものであり、発散し且つ本質的に線形に分極された光線 41 を発射し、それが光ファイバ 48 の中を通過する。コリメータ 42 またはコリメータと円筒状レンズ (図示せず) がレーザダイオードアレイ 40 と光ファイバ 48 との間に配設される。コリメータという用語は、通常、被写体平面がレンズの前方焦点面にあり、像面が無限遠にあるということを前提にしているが、当業者なら、レンズをわずかに焦点合わせすることによって、ファイバはレンズから有限距離に配置することができるとわかるであろう。コリメータ 42 は、拡散光線 41 を受け取り、その拡散を減少させる働きをする。これらの光線 41 は、コリメータ 42 を出ると、光ファイバ 48 で収束される。半波長板 44 は、コリメータ 4

2と光ファイバ48との間に配設され、半波長板を通過する光線41の部分の偏光を回転させる。半波長板を出ると、次に光線は異なった偏光を有する二つの光ビーム43と49を形成する。光ビーム43および49は、どちらもウオラストンプリズムあるいはロションプリズム46に入る。プリズムにより、二つの光ビーム43と49は重ね合わされ、プリズムを出る光ビーム45の開口数が、プリズムに入るビーム43と49の開口数の2/1になる。プリズムを出る時、重ね合わされた光ビーム45は、光ファイバ48の端部に当たり、光軸47に沿って光ファイバ48に挿入される。

【0020】次に図3を参照すると、本発明100の別の実施形態が示されている。レーザダイオードアレイ40は、光軸40に沿って発散光線を出し、それが、次に光ファイバ48を通過する。半波長板44は、レーザダイオードアレイ40の出力側に配置され、半波長板を通過する光線の偏光を回転させることによって、結果として、発散回転光線51と発散非回転光線41とが生じる。発散回転光線も発散非回転光線もコリメータ42に入り、そこから出る光線は、光ファイバ48の端部で収束される。回転光線も非回転光線も、軸53を有し方解石または石英などの適当な材料から製作された複屈折装置50に入る。この複屈折装置50は、コリメータ42と光ファイバ48との間に配設され、入ってくる光線の半分を、光ファイバ48のコアの直径にほぼ等しい量だけ変位させる。このようにして、半波長板によって回転された光線51と、回転されていない光線41とが、複屈折プリズム50の効果によって重ね合わされ、単一光線52のセットとなり、光軸47に沿って、光ファイバ48に挿入される。

【0021】図4には、本発明の第三の実施形態が示されている。この第三の実施形態は、先に説明した第一の実施形態と類似しており、違いは、図2に示された単一コリメータレンズ42の代わりに、レンズアレイ55が使用されている点である。図4に示されたこの第三の実施形態において、レーザダイオードアレイ40は、発散光線を出し、それが光ファイバ48を通過する。レンズアレイ55は、個々のレンズ56のアレイからなり、レーザダイオードアレイ40と、光ファイバ48との間に配設される。レンズアレイ55の各レンズ56は、レーザダイオードアレイ40の個々の発射孔57から光線を受け取る。図4には、孔57は4つしか示されていないが、当業者であれば、発射孔57の数およびレンズアレイ55のレンズ数を増加/減少させることは簡単である。発散光線は、レンズアレイ55を構成するレンズ56を出ると、単一結合レンズ57に入り、このレンズによって、光線が光ファイバ48上で収束する。単一結合レンズ57と光ファイバ48との間に、半波長板44が配設され、そこを通過する光線を回転させることによって、結果として偏光の異なる回転ビーム59と非回転ビ

ーム58とが得られるようになっている。回転ビームと非回転ビームは、どちらも、半波長板44と光ファイバ48との間に配設されらウオラストンまたはロションプリズムに入る。プリズムによって光ビーム58と59とが重ね合わされ、単一の重ね合わせビーム45となり、それが光ファイバ48の端部に当たり、光軸47に沿って光ファイバ48に挿入される。

【0022】次に、本発明が光ファイバアレイに取り込まれた例を示す。この光ファイバアレイは、印刷ヘッド機構に取り込むことができる。印刷の分野では、同時に生成された複数のドットによって像を生成することが望ましい。このモードで機能する熱式印刷機は、米国特許第5164724号のピーク(Beak)他「熱式印刷機」に開示されている。この米国特許は、1992年1月1日発行であり、現在の譲受人に譲渡され、ここで参照される。

【0023】上記のような印刷機を作動させるには、光ファイバ出力端部からの光を、感光熱染料転写媒体のような適当なレシーバ上に正確に焦点合わせしなければならない。像データは、レシーバの特定領域への転写のための特定の光ファイバに確実に割り当てることができるので、これによって、光ファイバ端部からの光出力はレシーバ上に正確に焦点合わせすることができ、印刷機は、高解像度の像を生成する。本発明を、このような印刷機に組み込むことによって、光ファイバの端部からのレーザ光は、さらに大きなパワーとフィールド深さで出力されることになり、それにより、レシーバ上に投射される光の精度を高め、印刷される像の質を高めることができる。

【0024】図5には、光ファイバアレイ60がカブリリング100によってレーザダイオードアレイ40に結合される様子が示されている。アレイ60は、支持部材62と、複数の光ファイバ48と、保持部材66とを備える。光ファイバ48は、支持部材62内に形成されたスぺーサ溝(図示せず)に支持され配置される。保持部材66は、接着剤によって、支持部材62と光ファイバ48とに接着される。この接着剤つまりエポキシについては、種々のものが当業者に知られている。

【0025】カブリリング100は、コリメータ42と、半波長板44とウオラストンまたはロションプリズム46とからなる前述の第一の実施形態を示す。個々のレーザダイオードから出射される光は、カブリリング100によって、個々の光ファイバ78(典型的にはジャケット82によって相互に接着されている)に結合される。このように結合された光は、光ファイバ78の中を通過して、アレイ60の出力端部72に配置されたファイバ78の出口から出て、そこで、次に、適当なレシーバ(図示せず)に当たってもよい。

【0026】アレイ60は、熱式印刷機の印刷ヘッドに装填されるべく構成される。印刷機に装填される場合、

7

出力端部72は、印刷ヘッド（図示せず）内に配置された印刷レンズ（図示せず）の対物平面(object plane)に配置される。

【0027】本発明をこのように応用すると、印刷される媒体が横たわる平面での開口数を減らすことになり、これにより、アレイ方向でのラグランジェ量 L_a を減少されることになる。ラグランジェ量は、印刷スポットの寸法と媒体での開口数を掛けた積に比例するので、私は、 L_a を減少させることによって、印刷スポットの寸法または開口数またはそれら両方を減らす。印刷スポットの寸法が減少すると、印刷機の解像度が増加する。開口数が減少すると、媒体平面でのフィールド深さが増大する。フィールド深さが増大するということは、媒体での印刷スポット寸法つまり最終印刷の密度を決定する印刷スポット寸法が、「ドラムルノー」(drum runout)によって生じるような媒体の変位にあまり依存しなくなる。

【0028】図6は、本発明の教示を取り入れた熱式印刷機200のブロックダイアグラムである。このような熱式印刷機200では、ドラム110が軸114の回りを回転するように装填され、モータ104によって駆動される。ドラム110は、熱式印刷機（図示せず）を支持するように設計される。印刷機200と共に使用される熱式印刷媒体は、たとえば、米国特許第4772582号、「レーザ誘発熱式染料転写で使用される染料ドナ一部材のためのスペーサビードレイア (SpacerBead Layer for Dye-Donor Element Used in Laser Induced Thermal Dye Transfer)」に開示されている。この特許は、1988年9月20日に特許認定され、現在の譲受人に譲渡され、ここで参照されている。

【0029】印刷ヘッド150は、ドラム110に隣接して移動可能に支持され、リードスクリュー112に沿って摺動する。印刷ヘッドは、リードスクリューを回転させるモータ104によって駆動される。印刷ヘッド150は、ファイバ光アレイ60（図4、図5には示されていない）を備える。アレイ60の光ファイバ48は、本発明のカプリング100によって、複数のダイオードレーザ40に結合される。ダイオードレーザ40は、典

8

型的には、アレイ状に配設される。ダイオードレーザ40の各々は、コンピュータ91の制御によって個々に変調される。このようにして、個々のダイオードレーザ40が選択的に励起され、個々のダイオードレーザから出る光線が、カプリング100によって、個々の光ファイバ48に結合され、光ファイバ48の中を通り、光ファイバ74の端部に達する。光は、光ファイバ74を出ると、ドラム110上に配置された印刷媒体に当たる。図6に示された部材102、116、96、及び94は、

10 どれも従来型で公知であり、本発明を構成するものではないから、それらについて詳細に述べることはしない。

【0030】以上、本発明の好ましい実施形態および変形例について述べてきたが、当業者にとって明瞭であるように、本発明は、発明の範囲内において他にも様々な変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】簡略化した従来型の光ファイバを、光学的に意味のある角度と共に示す。

【図2】本発明の第1の実施形態を示す。

20 【図3】本発明の第2の実施形態を示す。

【図4】本発明の第3の実施形態を示す。

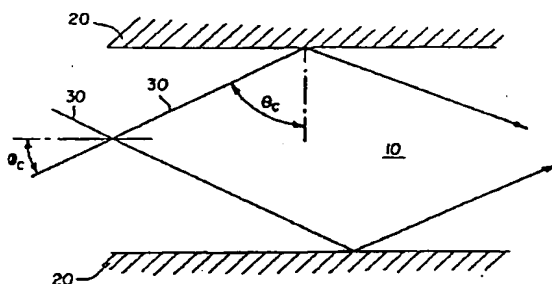
【図5】本発明を取り入れた、印刷機の構成要素として取り込むことのできる光ファイバアレイを示す。

【図6】本発明を取り込んだ熱式印刷機の高レベルブロックダイアグラムである。わかりやすくするために、複数の図面に渡って示される同一または類似の部材には同一の参照番号を付す。ただし、寸法は共通とは限らない。

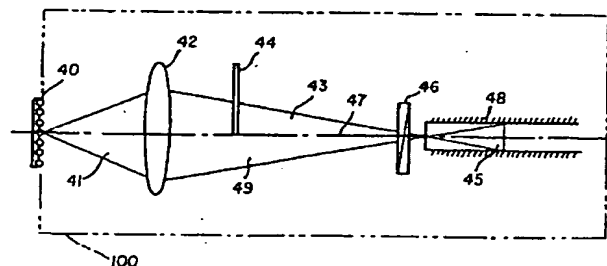
【符号の説明】

- 30 40 ダイオードレーザ（ダイオードアレイ）
42 集光装置（コリメータ、またはコリメータとレンズ）
44 半波長板
46 複屈折プリズム（ウオラストンまたはロシヨンプリズム）
48 光ファイバ
43、49 偏光ビーム

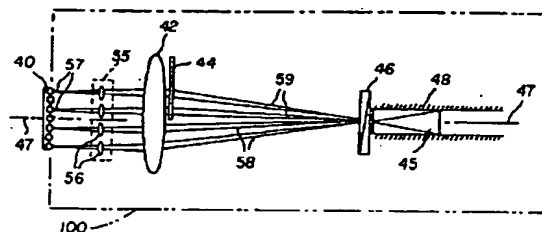
【図1】



【図2】



【図4】

[illegible]

技術表示箇所